1 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对育肥湖羊生长性能、养分消化率及瘤胃发酵参数的
2 影响

3 闫佰鹏[1] 兰贵生[1] 李国彰[2] 牛骁麟[1] 李发弟[1,3] 李 飞[1*] 翁秀秀[1]
4 （1.兰州大学草地农业生态系统国家重点实验室，兰州大学农业农村部草牧业创新重点
5 实验室，兰州大学草地农业科技学院，兰州 730020；2.四川农业大学动物营养研究所，成
6 都 611130；3.甘肃省肉羊繁育生物技术工程实验室，民勤 733300）

7 摘 要:本试验旨在研究不同淀粉来源（starch source,SS）饲粮中添加酵母培养物（yeast
8 culture,YC）对育肥湖羊生长性能、屠宰性能、养分消化及瘤胃发酵参数的影响。采用2×2
9 因子试验设计，选取体重约为（21.69±2.49） kg 的2月龄湖羊公羔120只，随机分为4组，分
10 别为添加1% YC 的大麦淀粉组（BS-1）、大麦淀粉组（BS）、添加1% YC 的玉米淀粉组
11 （CS-1）、玉米淀粉组（CS），每组5个重复，每个重复6只羊。预试期7 d，正试期56 d。结
12 果表明：1）各组末重、平均日增重、干物质采食量和料重比均差异不显著($P>0.05$)。2）
13 各组宰前活重、胴体重、屠宰率、背膘厚度、GR 值、尾脂重及肾周脂重均无显著差异($P>$
14 0.05)，但 BS-1组、CS-1组眼肌面积显著高于 BS 组、CS 组（$P<0.05$）。3）各组干物质、有
15 机物消化率无显著差异($P>0.05$)，但 BS-1组、CS-1组中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维
16 (ADF)消化率显著高于 BS 组、CS 组（$P<0.05$）；4）各组总挥发性脂肪酸含量及丙酸、丁
17 酸、戊酸、异丁酸、异戊酸占总挥发性脂肪酸比例无显著差异($P>0.05$)，而 BS 组乙酸占
18 总挥发性脂肪酸比例显著高于 CS 组（$P<0.05$）。综上，不同 SS 来源饲粮中添加 YC 未改变
19 瘤胃发酵类型，但显著提高饲粮 NDF 与 ADF 消化率，进而提高育肥湖羊对粗饲料的利用
20 率。

21 关键词：酵母培养物；淀粉来源；湖羊；生长性能；屠宰性能；瘤胃发酵；养分消化

收稿日期：2018-05-23

基金项目：公益性行业（农业）科研专项经费（201503134,2015-2019）；兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金（lzujbky,2017-48）；长江学者和创新团队发展计划（IRT_17R50）

作者简介：闫佰鹏（1993-），男，甘肃永昌人，硕士研究生，从事反刍动物营养研究。

E-mail: yanbp16@lzu.edu.cn

*通信作者：李 飞，副教授，硕士生导师，E-mail: lfei@lzu.edu.cn

22 中图分类号：S826 文献标识码： 文章编号：

23 能量摄入最大化是泌乳奶牛及肉用反刍动物饲养管理的重要目标，其主要通过增加饲
24 粮能量浓度（高淀粉、易发酵碳水化合物）来满足动物生产需求[1]。淀粉是反刍动物生长
25 发育和瘤胃微生物菌体合成的能量来源[2]，余群莲[3]研究表明，在肉牛瘤胃、小肠与十二指
26 肠灌注来源不同的淀粉，对挥发性脂肪酸（VFA）、血液指标、养分消化及氮利用都有显著
27 影响。近年来，高能、高淀粉饲粮已成为高产反刍动物典型的营养策略[4-5]，但在提高动物
28 生长性能的同时，也导致以亚急性瘤胃酸中毒（SARA）为主的一系列营养代谢疾病，进
29 而损害瘤胃健康。随着饲料添加剂工艺的发展，由酵母菌在特定环境条件下形成的酵母菌
30 体及其代谢产物[酵母培养物（YC）]常作为畜禽饲料添加剂，已在反刍动物生产中广泛使
31 用[6]。大量研究报道，在高精料饲粮中添加 YC 能够提高瘤胃微生物数量，改变瘤胃发酵
32 类型，增加瘤胃内乙酸浓度及乙酸与丙酸比值[7]，对反刍动物高效生产和瘤胃健康具有重
33 大意义。Titi 等[8]以羔羊为研究对象，发现饲粮中添加12.6 g/kg YC 可提高饲粮中性洗涤纤
34 维（NDF）消化率与屠宰性能，但对生长速度、采食量及饲料效率等无显著影响。Macedo
35 等[9]研究表明在育肥羔羊饲粮中添加 YC 对平均日增重（ADG）、干物质采食量（DMI）等
36 指标均无显著影响。以上研究表明，关于 YC 的应用在动物生产的影响存在较大差异，且
37 不同淀粉来源条件下添加 YC 对育肥湖羊的研究与应用鲜有报道。因此，本试验旨在研究
38 在不同淀粉来源饲粮中添加 YC 对育肥湖羊生长性能、屠宰性能、养分消化及瘤胃发酵参
39 数的影响，为 YC 在高能、高淀粉饲粮的营养特征下对肉羊育肥提供理论研究和生产实践
40 依据。

41 1 材料与方法

42 1.1 试验材料

43 YC 由美国达农威生物发酵工程技术（深圳）有限公司提供，商品名为益康 XP
44 （Diamond V XP），主要活性成分为粗蛋白质（≥12.0%）、甘露聚糖（>0.5%）、水分
45 （≤11.0%）及粗灰分（≤8.0%）等。

46 1.2 试验设计与动物

47 本试验于2016年10月至12月在甘肃省民勤县三雷镇勤锋滩兰州大学草地农业科技学院
48 试验基地进行。选取120只、2月龄、平均体重为（21.69±2.49） kg 的健康湖羊公羔为试验

49 动物。采用2×2因子分组试验设计，随机分为4组，分别为添加1% YC 的大麦淀粉（barley
50 starch）组（BS-1）、大麦淀粉组（BS）、添加1% YC 的玉米淀粉(corn starch)组（CS-1）、玉
51 米淀粉组（CS），每组5个重复，每个重复6只羊。预试期7 d，正试期56 d。

52 1.3 试验饲粮

53 试验饲粮参照我国农业行业肉羊饲养标准（NY/T816-2004）进行配制[10]。饲粮配制能
54 够满足体重（21.70±0.25） kg、日增重250 g/d 的肉羊营养需要量；YC 添加剂量参照产品
55 推荐用量（成年羊：20-40 g/h/d）。试验饲粮组成及营养水平见表1。

56 表1 试验饲粮组成及营养水平(饲喂基础)

57 Table 1 Composition and nutrients level of experiment diets (fed basis) %

项目 Items	组别 Groups			
	BS-1	BS	CS-1	CS
原料 Ingredients				
大麦秸秆 Barley straw	20.00	20.00	20.00	20.00
酵母培养物 Yeast culture	1.00		1.00	
玉米 Corn	25.00	25.00	40.00	40.00
大麦 Barley	20.00	20.00		
蛋白质补充料 Protein supplement[1)]	34.00	34.00	39.00	39.00
预混料 Premix[2)]	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[3)]				
干物质 DM	91.60	91.36	91.55	91.40
粗蛋白质 CP	16.23	16.59	16.24	16.46
粗灰分 Ash	10.73	9.15	8.28	7.24
中性洗涤纤维 NDF	28.16	27.22	27.98	28.39
酸性洗涤纤维 ADF	15.21	14.83	14.73	14.95
精粗比 Concentrate/roughage	6.5:3.5	6.5:3.5	6.5:3.5	6.5:3.5

58 [1)] 蛋白质补充料由25%麦芽根、15%豆粕、10%菜籽粕、20%棉籽粕、25%玉米胚芽饼、1%食盐、2%

59 石粉和2%磷酸氢钙组成。Protein supplement was composed of 25% barley malt root，15% soybean meal，

60 10% rapeseed meal，20% cotton seed meal，25% corn germ cake，1% salt，2% limestone，2% sodium

61 bicarbonate.

62 [2)] 预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：Fe 70 mg，Zn 41 mg，Cu

63 8 mg，I 0.7 mg，Mn 24 mg，Se 0.3 mg，Co 0.3 mg，VA 2 500 IU，VE 23 IU。

64 [3)] 测定值 Measured values。

65 1.4 饲养管理

66 试验开始前，按照正常免疫程序对试验羊只进行免疫，做好羊舍清洁与消毒工作。整

67 个试验期采用分栏饲喂，饲喂相应试验饲粮，试验期间于每日09:00和16:00饲喂，自由采

68 食，自由饮水，每周记录采食量与余料量。

69 1.5 指标测定与方法

70 1.5.1 生长性能测定

71 正式期开始第1天与第56天早晨空腹称重，作为试验初重与末重。每14天试验羊只称重

72 并清理料槽，记录体重与余料量。计算 DMI、ADG 和料重比（F/G）。

73 1.5.2 屠宰性能测定

74 正试期第56天，各组选15只羊进行屠宰，宰前禁食24 h，禁水2 h。测定指标主要包括：

75 宰前活重、胴体重、背膘厚度、尾脂重及肾周脂肪重。胴体经4 ℃吊挂排酸24 h 后测定 GR

76 值与眼肌面积。

77 1.5.3 养分消化测定

78 正试期第43天每组随机选择5只试验羊进行消化代谢试验（预试期3 d，正试期4 d），试

79 验采用全收粪法，于每日08:00和18:00进行饲喂与收集粪样，并记录给料量、余料量、鲜

80 粪重。每日鲜粪混匀按总重的5%采样，加入10% H_2SO_4固氮，连续采集4 d，将所有粪样混

81 匀在65 ℃条件下烘干后置于室温回潮24 h，装于自封袋中备用。饲粮与粪样中干物质

82 （DM）、粗蛋白质（CP）、粗灰分（Ash）、NDF、酸性洗涤纤维（ADF）含量的测定参照

83 杨胜主编的《饲料分析及饲料质量检测技术》[11]。计算公式如下：

84 养分表观消化率（%）=100×（摄入养分量－排出养分量）／摄入养分量。

85 1.5.4 瘤胃液 VFA 含量测定

86　　参照翁秀秀[12]方法提取瘤胃液，利用气相色谱仪(Thermo Scientific™，TRACE 1300,意
87 大利)测定 VFA 含量。色谱柱为 DB-FFAP 毛细管色谱柱，样品进样量为2 μL，分流比为
88 50:1；柱温50 ℃，以25 ℃/min 升温至190 ℃，维持2 min；再以10 ℃/min 升温至200 ℃，维
89 持5 min，最后以10 ℃/min 升温至220 ℃，维持5 min；进样口和检测器温度均为240 ℃。

90 ### 1.6 数据处理与分析

91　　试验数据使用 Excel 2013进行整理，采用 SPSS 23.0软件进行一般线型模型单变量两因
92 子方差分析，Duncan 氏法进行多重比较，P<0.05为差异显著。

93 ## 2 结果与分析

94 ### 2.1 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊生长性能的影响

95　　由表2可知，试验羊始重相近（P>0.05）的情况下，淀粉来源和 YC 对各组湖羊末重、
96 DMI、ADG 和 F/G 均未产生显著影响（P>0.05）。

97 表2 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊生长性能的影响

98 Table 2 Effects of YC supplementation in diets with different starch sources on growth performance of *Hu* sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value		
	BS-1	BS	CS-1	CS		SS	YC	SS×YC
始重 Initial BW/kg	21.59	21.91	21.70	21.57	0.25	0.66	0.70	0.39
末重 Final BW/kg	36.61	36.21	35.35	36.59	0.58	0.46	0.48	0.17
干物质采食量 DMI/(kg/d)	1.50	1.50	1.47	1.53	0.03	0.92	0.40	0.40
平均日增重 ADG/(g/d)	275.00	270.00	256.00	277.00	0.01	0.58	0.45	0.21
料重比 F/G	5.97	5.74	6.47	5.79	0.27	0.33	0.11	0.42

99　　SS:淀粉来源；YC：酵母培养物；SS×YC：淀粉来源和酵母培养物的交互。下表同。
100　　SS：starch source； YC： yeast culture; SS×YC: the interaction of starch source and yeast culture. The same

101 as below.

102 同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（P>0.05），不同字母表示差异显著（P<0.05）。下表

103 同。In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference (P>0.05),

104 while with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05).The same as below.

105 2.2 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊屠宰性能的影响

106 由表3可知，各组之间宰前活重、胴体重、屠宰率、背膘厚度、尾脂重、肾周脂重、

107 GR 值均差异不显著（P>0.05）。但 BS-1组与 CS-1组眼肌面积显著高于 BS 组和 CS 组

108 （P<0.05）。

109 表3 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊屠宰性能的影响

110 Table 3 Effects of YC supplementation in diets with different starch sources on carcass performance of *Hu* sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value		
	BS-1	BS	CS-1	CS		SS	YC	SS×YC
宰前活重 Live weight before slaughter/kg	35.33	35.62	35.17	35.51	0.27	0.81	0.56	0.97
胴体重 Carcass weight/kg	17.89	17.84	17.58	17.99	0.15	0.79	0.55	0.45
屠宰率 Dressing percentage/%	50.69	50.09	49.98	50.67	0.25	0.89	0.93	0.21
背膘厚度 Back-fat thickness/mm	3.02	2.73	3.03	2.94	0.19	0.78	0.64	0.80
GR 值 GR value/mm	1.40	1.39	1.51	1.49	0.03	0.10	0.89	0.95
眼肌面积 Eye muscle area/cm^2	10.40[a]	9.44[b]	11.00[a]	9.67[b]	0.27	0.43	0.03	0.72
尾脂重 Tail fat weight/g	720.00	730.00	700.00	810.00	31.15	0.64	0.35	0.43
肾周脂重	177.63	177.58	159.54	160.68	8.10	0.29	0.97	0.97

Perirenal fat weight/g

111 2.3 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊养分消化的影响

112 由表4可知，各组之间 DM 与 OM 消化率差异不显著（*P*>0.05），但 NDF 和 ADF 消化

113 率显著高于 BS 组、CS 组（*P*<0.05），CS 组最低。

114 表4 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊养分消化的影响

115 Table 4 Effects of YC supplementation in diets with different starch sources on nutrient digestion of *Hu* sheep %

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value		
	BS-1	BS	CS-1	CS		SS	YC	SS×YC
干物质 DM	66.36	65.21	65.93	63.04	0.74	0.40	0.21	0.57
有机物 OM	68.41	66.59	67.45	65.16	0.73	0.45	0.21	0.88
中性洗涤纤维 NDF	34.51[a]	28.48[b]	31.36[a]	27.98[b]	1.02	0.36	0.04	0.50
酸性洗涤纤维 ADF	30.39[a]	23.42[b]	28.81[a]	22.28[b]	1.27	0.42	0.004	0.88

116 2.4 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊瘤胃发酵参数的影响

117 由表5可知，各组之间总挥发性脂肪酸含量及丙酸、丁酸、戊酸、异丁酸及异戊酸占总

118 挥发性脂肪酸的比例均差异不显著（*P*>0.05）。各组乙酸/丙酸差异也不显著（*P*>0.05）。

119 BS-1组和 CS-1组乙酸占总挥发性脂肪酸的比例差异不显著（*P*>0.05），但 BS 组乙酸占总挥

120 发性脂肪酸的比例显著高于 CS 组（*P*<0.05）。

121 表5 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊瘤胃发酵参数的影响

122 Table 5 Effects of YC supplementation in diets with different starch sources on ruminal fermentation parameters

123 of *Hu* sheep

项目 Items	组别 Groups				SEM	*P* 值 *P*-value		
	BS-1	BS	CS-1	CS		SS	YC	SS×YC
总挥发性脂肪酸 TVFA/（mmol/L）	32.29	28.14	30.65	31.43	1.36	0.44	0.60	0.77
乙酸/总挥发性脂肪酸 Acetate/TVFA/%	61.17[ab]	62.75[a]	60.29[ab]	58.53[b]	0.62	0.04	0.94	0.18
丙酸/总挥发性脂肪酸	19.70	19.67	20.62	20.42	0.49	0.41	0.90	0.93

Propionate/TVFA/%								
丁酸/总挥发性脂肪酸 Butyrate/TVFA/%	6.99	6.22	6.81	7.11	0.29	0.55	0.69	0.37
戊酸/总挥发性脂肪酸 Valerate/TVFA/%	1.83	1.48	1.77	1.81	0.07	0.31	0.26	0.19
异丁酸/总挥发性脂肪酸 Isobutyrate/TVFA/%	4.57	4.61	4.64	5.01	0.17	0.50	0.57	0.63
异戊酸/总挥发性脂肪酸 Isovalerate/TVFA/%	5.73	5.28	5.86	6.14	0.27	0.37	0.87	0.5
乙酸/丙酸 Acetate/propionate	3.19	3.30	3.01	2.96	0.08	0.11	0.87	0.61

124 3 讨 论

125 3.1 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊生长性能的影响

126 YC 是一种安全、绿色的饲料添加剂，能够作用于瘤胃微生物菌群，使得瘤胃内 VFA
127 含量升高，从而提高动物生长性能[13]。迄今，YC 已被广泛应用于反刍动物生产中[14]，然
128 而应用效果却存在较大差异。生产实践中，合理的饲粮精粗比、完善的饲养管理手段对
129 YC 在反刍动物研究中具有较为深远的影响，本试验饲粮中添加 YC 未提高育肥羊 DMI 与
130 ADG，这与部分学者研究相一致。Nocek 等[15]研究表明，泌乳期奶牛饲喂 YC[56 g/(只·d）]
131 饲粮后，对试验牛末重、体况评分未产生影响，但对产奶量、3.5%乳脂校正乳及乳蛋白含
132 量产生显著影响。那日苏[16]以绵羊为研究对象，饲粮中添加 YC[10 g/(只·d）]，连续饲喂
133 30 d 后，YC 组 ADG 为170 g/d，对照组 ADG 为153 g/d，添加 YC 使育肥绵羊的 ADG 提高
134 11.1%；与之类似，Kwizera[17]以杂交肉牛（*n*=21）为研究对象，在饲粮中分别添加0、
135 0.1%、0.2% YC，连续饲喂90 d，研究发现饲粮中添加0.2% YC 组 DMI、ADG 及试验牛末
136 重显著高于对照组。以上研究表明，饲粮中添加 YC 可提高反刍动物 DMI、ADG 及产奶量，
137 表明 YC 对生产性能具有促进作用。而本研究不同淀粉来源饲粮中添加 YC 对育肥羊生长
138 性能无显著影响，这有可能与试验处理营养水平一致有关。Swyers 等[18]在饲粮中添加2.8
139 g/kg YC 同样发现对 DMI、ADG 均无显著影响。此外，本研究育肥湖羊 ADG 已达到250

140 g/d 以上，生长速度基本已达到该阶段最大值，即使 YC 有促进生长性能的潜力，在本研究
141 基础饲粮条件下并不能提高 ADG 和 F/G。
142 3.2 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊屠宰性能的影响
143 屠宰性能是动物经济价值的直观表现，也反映出动物生长性能，其中胴体重、屠宰率
144 等指标是经济效益的主要因素[19]。本研究发现饲粮添加 YC 显著提高了眼肌面积，但对宰
145 前活重、胴体重、屠宰率、GR 值、背膘厚度、尾脂重及肾周脂肪重无显著影响；Titi 等[20]
146 以断奶犊牛为研究对象，饲粮中添加20 g/kg YC 研究发现，与对照组相比，试验组宰前活
147 重、胴体重、屠宰率等指标均无显著差异，这与本研究结果相似。与之类似，Hinman 等[21]
148 在杂交肉牛饲粮中添加 YC 同样对屠宰性能没有显著影响；同时，本研究饲粮中不同淀粉
149 来源对育肥羊的屠宰性能没有显著影响，与刘文[22]的研究结果一致。
150 3.3 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊养分消化的影响
151 饲粮添加 YC 可使瘤胃微生物处于较为理想的瘤胃内环境中，进而提高机体代谢水平。
152 本研究中不同淀粉来源饲粮中添加1% YC 对 DM、OM 消化率没有产生显著影响，但是对
153 NDF 与 ADF 的消化率具有显著影响。蒋小军[23]以16只8月龄波尔山羊×简阳大耳黑山羊为
154 研究对象，结果表明饲粮中添加 YC 提高了育成山羊 ADG 与 F/G，同时提高饲粮 DM、
155 NDF、CP 消化率，从而提高了养分消化率。Desnoyers 等[24]通过荟萃分析方法研究表明饲
156 粮中添加 YC 对奶牛 OM、NDF 消化率具有显著影响；Haddad 等[25]在育肥羔羊饲粮中分别
157 添加0、3、6 g/d YC，持续饲喂74 d 后研究发现，与对照组相比，3 g/d 组和6 g/d 组 NDF 消
158 化率分别显著提高了40和36 g/kg，ADF 消化率分别显著提高了36和47 g/kg。以上研究与本
159 试验结果一致，饲粮中添加 YC 对育肥湖羊 NDF、ADF 表观消化率具有显著影响，这可能
160 是添加 YC 使瘤胃乳酸含量降低，瘤胃 pH 升高，瘤胃内环境趋于稳定，改变瘤胃微生物区
161 系，使纤维分解菌在瘤胃内大量增殖；同时也可能是 YC 的某一种活性成分对纤维分解菌
162 具有一定的促进作用，提高消化能力，进而增加对纤维的消化利用[26-27]。
163 3.4 不同淀粉来源饲粮中添加酵母培养物对湖羊瘤胃发酵参数的影响
164 大量相关研究报道，饲粮中添加 YC 对反刍动物瘤胃内 VFA 含量的影响不一致。
165 Dolezal 等[28]以荷斯坦奶牛为研究对象，在饲粮中添加 YC（5 g/d）发现，试验组 VFA 含量
166 显著高于对照组；本研究中，饲粮中添加 YC 对育肥羊瘤胃内总挥发性脂肪酸含量和其他

167 有机酸占总挥发性脂肪酸比例均没有产生显著的影响，这与肉牛饲粮中添加 YC 的研究一

168 致[29-31]；与之类似，Haddad 等[25]同样研究发现，在羔羊高能饲粮中添加 YC 对瘤胃 VFA 含

169 量没有影响。这可能受到 YC（菌株种类、添加剂量）、饲粮类型与精粗水平、动物生理状

170 态、饲养管理、环境等单一或综合因素的影响所致[29,32]。而从淀粉来源研究发现，BS 组乙

171 酸占总挥发性脂肪酸的比例显著高于 CS 组，这可能与本试验用未脱皮大麦有关，其所含

172 复杂的纤维结构可能导致乙酸含量过高。

173 4 小 结

174 ①在本试验条件下，玉米淀粉与小麦淀粉型饲粮中添加1% YC 对育肥湖羊生长性能、

175 屠宰性能和瘤胃发酵参数等均无显著影响。

176 ②添加1% YC 对 DM、OM 消化率无影响，但显著提高了 NDF 与 ADF 的消化率，从

177 而增加粗饲料的利用率。

178 参考文献：

179 [1] OBA M,ALLEN M S.Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and

180 productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations[J].Journal of Dairy

181 Science,2003,86(1):174–183.

182 [2] KOENIG K M,BEAUCHEMIN K A,RODE L M.Effect of grain processing and silage on

183 microbial protein synthesis and nutrient digestibility in beef cattle fed barley-based

184 diets[J].Journal of Animal Science,2003,81(4):1057–1067.

185 [3] 余群莲.不同来源淀粉对肉牛瘤胃发酵及营养物质消化代谢的影响[D].硕士学位论文.雅

186 安:四川农业大学,2011:12–49.

187 [4] HATEW B,PODESTA S C,VAN LAAR H,et al.Effects of dietary starch content and rate of

188 fermentation on methane production in lactating dairy cows[J].Journal of Dairy

189 Science,2015,98(1):486–499.

190 [5] BOERMAN J P,POTTS S B,VANDEHAAR M J,et al.Milk production responses to a change

191 in dietary starch concentration vary by production level in dairy cattle[J].Journal of Dairy

192 Science,2015,98(7):4698–4706.

193 [6] ALI K,ULLAH I,UDDIN H.Study on the effects of dietary supplementation of inactive dry

194 yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on feed intake,body weight gain and fecal microbiota of
195 crossbreds steers[J].International Journal of Biosciences,2017,10(4):288–294.
196 [7] KUMAR U,SAREEN V K,SINGH S.Effect of yeast culture supplement on ruminal microbial
197 populations and metabolism in buffalo calves fed a high roughage diet[J].Journal of the Science of
198 Food and Agriculture,1997,73(2):231–236.
199 [8] TITI H H,DMOUR R O,ABDULLAH A Y.Growth performance and carcass characteristics of
200 Awassi lambs and Shami goat kids fed yeast culture in their finishing diet[J].Animal Feed Science
201 and Technology,2008,142(1/2):33–43.
202 [9] MACEDO R,ARREDONDO V,BEAUREGARD J.Influence of yeast culture on productive
203 performance of intensively fattened Pelibuey lambs in Colima,México[J].Avances en
204 Investigación Agropecuaria,2014,10(3):69–80.
205 [10] 中华人民共和国农业部.NY/T 816－2004 肉羊饲养标准[S].北京:中国农业出版社,2004.
206 [11] 杨胜.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:北京农业大学出版社,1993.
207 [12] 翁秀秀.饲喂不同日粮奶牛瘤胃发酵和 VFA 吸收特性及其相关基因表达的研究[D].博士
208 学位论文.兰州:甘肃农业大学,2013:19–20.
209 [13] POPPY G D,RABIEE A R,LEAN I J,et al.A meta-analysis of the effects of feeding yeast
210 culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of
211 lactating dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2012,95(10):6027–6041.
212 [14] 耿春银.活性酵母与酵母培养物饲喂育肥牛生长性能、胴体指标和牛肉品质的比较[D].
213 博士学位论文.北京:中国农业大学,2015:7–14.
214 [15] NOCEK J E,HOLT M G,OPPY J.Effects of supplementation with yeast culture and
215 enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle[J].Journal of Dairy
216 Science,2011,94(8):4046–4056.
217 [16] 那日苏.酵母培养物对绵羊瘤胃发酵与生产性能的影响[D].硕士学位论文.呼和浩特:内
218 蒙古农业大学,2003:32–33.
219 [17] KWIZERA A.Effect of yeast culture supplementation on growth performance of crossbred
220 calves[D].Master’s Thesis.Maharashtra:Mahatma Phule Krishi Vidyapeeth,2012:1–58.

221 [18] SWYERS K L,CARLSON B A,NIGHTINGALE K K,et al.Naturally colonized beef cattle
222 populations fed combinations of yeast culture and an ionophore in finishing diets containing dried
223 distiller's grains with solubles had similar fecal shedding of Escherichia coli O157:H7[J].Journal
224 of Food Protection,2011,74(6):912–918.
225 [19] 蔡建森,刁其玉.舍饲肉羊的营养需要量[C]//第三届中国羊业发展大会.兰州:中国畜牧业
226 协会,2006.
227 [20] TITI H H,ABDULLAH A Y,LUBBADEH W F,et al.Growth and carcass characteristics of
228 male dairy calves on a yeast culture-supplemented diet[J].South African Journal of Animal
229 Science,2008,38(3):174–183.
230 [21] HINMAN D D,SORENSEN S J,MOMONT P A,et al.Effect of yeast culture on steer
231 performance,apparent diet digestibility,and carcass measurements when used in a barley and
232 potato finishing diet[J].The Professional Animal Scientist,1998,14(3):173–177.
233 [22] 刘文.不同直/支链淀粉比对羔羊生长性能、养分消化率及肉质的影响[D].硕士学位论文.
234 大庆:黑龙江八一农垦大学,2015:24–26.
235 [23] 蒋小军.酵母培养物对山羊生产性能、瘤胃发酵及饲料消失率的影响[D].硕士学位论文.
236 雅安:四川农业大学,2005:19–29.
237 [24] DESNOYERS M,GIGER-REVERDIN S,BERTIN G,et al.Meta-analysis of the influence of
238 *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of
239 ruminants[J].Journal of Dairy Science,2009,92(4):1620–1632.
240 [25] HADDAD S G,GOUSSOUS S N.Effect of yeast culture supplementation on nutrient
241 intake,digestibility and growth performance of Awassi lambs[J].Animal Feed Science and
242 Technology,2005,118(3/4):343–348.
243 [26] 张昌吉,刘哲,郝正里,等.添加酵母培养物对饲粮营养物质消化的影响[J].草业科
244 学,2007,24(3):82–86.
245 [27] 王卫正.酵母培养物对奶牛生产性能、表观消化率、抗氧化功能及免疫能力的影响[D].
246 硕士学位论文.南京:南京农业大学,2016:32–33.
247 [28] DOLEZAL P,DOLEZAL J,SZWEDZIAK K,et al.Use of yeast culture in the TMR of dairy

248 Holstein cows[J].Iranian Journal of Applied Animal Science,2012,2(1):51–56.

249 [29] JIAO P X,WEI L Y,WALKER N D,et al.Comparison of non-encapsulated and encapsulated
250 active dried yeast on ruminal pH and fermentation,and site and extent of feed digestion in beef
251 heifers fed high-grain diets[J].Animal Feed Science and Technology,2017,228:13–22.

252 [30] LEHLOENYA K V,KREHBIEL C R,MERTZ K J,et al.Effects of propionibacteria and yeast
253 culture fed to steers on nutrient intake and site and extent of digestion[J].Journal of Dairy
254 Science,2008,91(2):653–662.

255 [31] VYAS D,UWIZEYE A,MOHAMMED R,et al.The effects of active dried and killed dried
256 yeast on subacute ruminal acidosis,ruminal fermentation,and nutrient digestibility in beef
257 heifers[J].Journal of Animal Science,2014,92(2):724–732.

258 [32] 寇慧娟.酵母培养物对羔羊生产性能、营养物质消化率及瘤胃发育的影响[D].硕士学位
259 论文.杨凌:西北农林科技大学,2011:2–7.

260

261 Effects of Yeast Culture Supplementation in Diets with Different Starch Sources on Growing
262 Performance, Nutrient Digestibility and Ruminal Fermentation Parameters in *Hu* Sheep

263 YAN Baipeng[1] LAN Guisheng[1] LI Guozhang[2] NIU Xiaolin[1] LI Fadi[1,3] LI Fei[1*]
264 WENG Xiuxiu[1]

265 (1. *State Key Laboratory of Grassland Agro-Ecosystems*; *Key Laboratory of Grassland Livestock*
266 *Industry Innovation*, *Ministry of Agriculture and Rural Affairs*; *College of Pastoral*
267 *Agriculture Science and Technology*, *Lanzhou University*, *Lanzhou 730020*, *China*; 2. *Animal*
268 *Nutrition Institute*, *Sichuan Agricultural University*, *Chengdu 611130*, *China*; 3. *Engineering*
269 *Laboratory of Mutton Sheep Breeding and Reproduction Biotechnology in Gansu Province*,
270 *Minqin* 733300, *China*)

271 Abstract: The objective of this experiment was to study the effects of yeast culture (YC)
272 supplementation in diets with different starch sources on growth performance, slaughter
273 performance, nutrient digestion and ruminal fermentation parameters of *Hu* sheep. The experiment

*Corresponding author, associate professor, E-mail: lfei@ lzu.edu.cn （责任编辑 陈 鑫）

adopted 2×2 factorial arrangement. A total of 120 two-month-old healthy *Hu* sheep [（21.69 ± 2.49） kg] were assigned to four groups: the barley starch supplemented with 1% YC group (BS-1), the barley starch group（BS）, the corn starch supplemented with 1% YC group (CS-1) and the corn starch group(CS), with five replicates in each group and 6 sheep in each replicates. The preliminary test period was 7 d and the formal trial period was 56 d. The results showed as follows: 1) there were no significant differences in final weight, average daily gain, dry matter intake and the ratio of feed to gain among groups ($P>0.05$). 2) There were no significant differences in live weight before slaughter, carcass weight, dressing percentage, back-fat thickness, GR values, tail fat weight and perirenal fat weight among groups ($P>0.05$), but the eye muscle area of groups BS-1 and CS-1 were significantly higher than groups BS and CS ($P<0.05$). 3) The apparent digestibility of dry matter and organic matter in groups were no significant difference ($P>0.05$), but the apparent digestibility of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) in groups BS-1 and CS-1 were significantly higher than those in groups BS and CS ($P<0.05$). 4) There were no significant differences in total volatile fatty acid (TVFA), the ratios of acetic acid, propionic acid, butyric acid, valeric acid, isobutyric acid, isovaleric acid to TVFA and the ratio of acetic to propionic among groups ($P>0.05$), but the ratio of acetate to TVFA in group BS was significantly higher than that in group CS ($P<0.05$). In summary, YC supplementation in diets with different starch sources does not change ruminal fermentation pattern, but significantly increase the apparent digestibility of NDF and ADF, thereby increasing the utilization of roughage.

Key words: yeast culture; starch source; *Hu* sheep; growth performance; slaughter performance; ruminal fermentation; nutrient digestion